

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC978 U.S. PTO  
09/822934  
03/30/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-097944

出 願 人

Applicant (s):

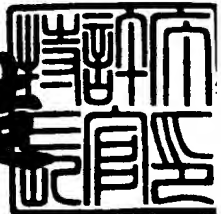
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 1月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-311138

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 0000188004  
 【提出日】 平成12年 3月30日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 G11B 5/39  
 H01F 10/06  
 H01L 43/08  
 H01L 43/12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
 内

【氏名】 水口 徹也

【特許出願人】

【識別番号】 000002185  
 【氏名又は名称】 ソニー株式会社  
 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型磁気ヘッド、並びに磁気抵抗効果素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有し、

上記感磁部に接して低抵抗金属層が形成されるとともに、この低抵抗金属層の  
上記感磁部と接する面とは反対側の面に酸化物層が形成されていることを特徴と  
する磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 上記低抵抗金属層は、Cuによって形成されていることを特徴  
とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 上記酸化物層は、上記低抵抗金属層を構成する元素を酸化させ  
た材料を含んでなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 上記感磁部と反強磁性層により磁化の向きが固定されるピン層  
とが、非磁性金属層を介して積層されて、スピバルブ膜を構成することを特徴  
とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 基板上に、少なくとも上記反強磁性層と、上記ピン層と、上記  
非磁性金属層と、上記感磁部と、上記低抵抗金属層と、上記酸化物層とがこの順  
に積層されてなることを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 上記酸化物層上に、保護層が形成されていることを特徴とする  
請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 基板上に、少なくとも上記酸化物層と、上記低抵抗金属層と、  
上記感磁部と、上記非磁性金属層と、上記ピン層と、上記反強磁性層とがこの順  
に積層されてなることを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 上記感磁部と非磁性金属層とが交互に積層されて人工格子膜を  
構成し、

最外層の感磁部と接して、上記低抵抗金属層が形成されていることを特徴とす  
る請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 上記低抵抗金属層と上記酸化物層との厚さの和は、0.5 nm  
～1.5 nmの範囲であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 基板上に、一対の磁気シールド部材と、上記一対の磁気シールド部材間に形成された磁気抵抗効果素子と、上記磁気抵抗効果素子の長手方向の両端部に形成された一対のバイアス層と、上記バイアス層の直上にそれぞれ薄膜状に形成された一対のリード電極とを備えてなり、

上記磁気抵抗効果素子は、外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有し、

上記感磁部に接して低抵抗金属層が形成されるとともに、この低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側の面に酸化物層が形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項11】 上記低抵抗金属層は、Cuによって形成されていることを特徴とする請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項12】 上記酸化物層は、上記低抵抗金属層を構成する元素を酸化させた材料を含んでなることを特徴とする請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項13】 上記感磁部と反強磁性層により磁化の向きが固定されるピン層とが、非磁性金属層を介して積層されて、スピバルブ膜を構成することを特徴とする請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項14】 基板上に、少なくとも上記反強磁性層と、上記ピン層と、上記非磁性金属層と、上記感磁部と、上記低抵抗金属層と、上記酸化物層とがこの順に積層されてなることを特徴とする請求項13記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項15】 上記酸化物層上に、保護層が形成されていることを特徴とする請求項14記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項16】 基板上に、少なくとも上記酸化物層と、上記低抵抗金属層と、上記感磁部と、上記非磁性金属層と、上記ピン層と、上記反強磁性層とがこの順に積層されてなることを特徴とする請求項13記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項17】 上記感磁部と非磁性金属層とが交互に積層されて人工格子膜を構成し、

最外層の感磁部と接して、上記低抵抗金属層が形成されていることを特徴とす

る請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項18】 上記低抵抗金属層と上記酸化物層との厚さの和は、0.5nm～1.5nmの範囲であることを特徴とする請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項19】 外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有する磁気抵抗効果素子を製造するに際し、

基板上に少なくとも上記感磁部と、低抵抗金属層とをこの順に形成する第1の工程と、

上記低抵抗金属層の、上記感磁部と接する面とは反対側を酸化して酸化物層を形成する第2の工程とを有することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項20】 上記第1の工程において、上記低抵抗金属層上に保護層を形成し、

上記第2の工程において、上記保護層を介して上記低抵抗金属層の、上記感磁部と接する面とは反対側を酸化することを特徴とする請求項19記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項21】 上記保護層の厚さは、1nm以下であることを特徴とする請求項20記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項22】 上記保護層は、Taを含有することを特徴とする請求項20記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項23】 上記第1の工程において、上記基板上に、少なくとも反強磁性層と、上記反強磁性層により磁化の向きが固定されるピン層と、非磁性金属層と、上記感磁部と、上記低抵抗金属層とをこの順に形成することを特徴とする請求項19記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項24】 上記第1の工程において、上記基板上に少なくとも上記感磁部と非磁性金属層とを交互に積層してなる人工格子膜と、上記低抵抗金属層とをこの順に形成することを特徴とする請求項19記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項25】 外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有する磁気抵抗効果素子を製造するに際し、

基板上に少なくとも低抵抗金属層と、上記感磁部とをこの順に形成する第1の工程と、

上記低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側を酸化して、酸化物層を形成する第2の工程とを有することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項26】 上記第1の工程において、酸化物からなる下地層を、上記低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側に形成することを特徴とする請求項25記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項27】 上記第1の工程において、上記基板上に、少なくとも上記低抵抗金属層と、上記感磁部と、非磁性金属層と、反強磁性層により磁化の向きが固定されるピン層と、反強磁性層とをこの順に形成することを特徴とする請求項25記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項28】 上記第1の工程において、上記基板上に少なくとも低抵抗金属層と、上記感磁部と非磁性金属層とを交互に積層してなる人工格子膜とをこの順に形成することを特徴とする請求項25記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果素子、及びこの磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッド、並びに磁気抵抗効果素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と称する。）の磁気抵抗効果を利用して、磁気記録媒体に記録された信号を読み取る磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）が普及している。

【0003】

MR素子は、抵抗素子の一種であり、外部磁界の変化に応じて電気抵抗が変化する。MRヘッドでは、MR素子の電気抵抗が磁気記録媒体からの信号磁界に応じて変化することを利用して、磁気記録媒体に記録された磁気信号を読み取る構

成とされている。

【0004】

ところで、近年では小型で大容量である磁気記録媒体が望まれており、これに伴い、例えば記録トラック幅を狭くするなどの手法によって、磁気記録媒体を高記録密度化することがますます進んでいる。

【0005】

一方、MRヘッドでは、磁気記録媒体の狭トラック化による信号出力の低下を防止するために、従来から用いられている異方性磁気抵抗効果（AMR：Anisotropic Magneto-Resistivity）を利用したMR薄膜に替わり、巨大磁気抵抗効果（GMR：Giant Magneto-Resistivity）を利用したMR薄膜を用いることが注目されている。

【0006】

巨大磁気抵抗効果を利用したMR薄膜のうち、スピバルブ膜は、反強磁性層と、2層の強磁性層と、非磁性層とを備える。そして、この非磁性層が2層の強磁性層間に形成され、反強磁性層が2層の強磁性層のうちの一方の強磁性層と隣接して形成された構造を有する。反強磁性層と接触して形成されている強磁性層はピン層となり、他方の強磁性層は感磁部すなわちフリー層となる。フリー層の磁化は外部磁界によって変化する。そして、ピン層とフリー層との磁化方向の違いによって、外部磁界を検出する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

スピバルブ膜の磁気抵抗変化率を高める方法の1つとして、スピバルブ膜内において電子の鏡面反射を引き起こし、電子がスピンに依存して散乱する確率を増加させることが考えられる。

【0008】

例えば、特開平11-168250号公報、W. F. Egelhoff et. al. (J. Appl. Phys. 82 (12), 15 December 1997)の論文等において、反強磁性膜として酸化物を用い、この酸化物反強磁性膜を用いることで鏡面反射を引き起こすスピバルブ膜が提案されている。しかしながら、酸化物によって形成された反強磁性



膜は、ピン層となる強磁性膜との交換結合の強さが十分ではないという問題があった。また、酸化物によって形成された反強磁性膜は、現在用いられている規則系金属によって形成された反強磁性膜と比較すると、熱的な安定性に欠き、反強磁性膜としての信頼性が乏しいものになってしまう。

【0009】

また、一般的に用いられている反強磁性膜を用いて、電子の鏡面反射を引き起こす方法として、フリー層となる磁性膜の表面を酸化させることによって平滑な界面を形成し、これを鏡面反射の反射界面として用いることが挙げられる。しかしながら、フリー層が酸化されると保磁力を有するようになり、フリー層の軟磁気特性が損なわれてしまう。したがって、外部磁界に対する感度が低くなるといった問題があった。

【0010】

また、軟磁気特性を確保しつつ、磁気抵抗変化率を高める方法として、電子の鏡面反射を引き起こす層を新たに設けることが挙げられる。しかし、積層膜の界面は数オングストロームのレベルで見ると粗な状態であり、この界面を電子が通過する際に電子のスピン方向が変化する確率が増加し、磁気抵抗変化率の減少を引き起こしてしまう。このように、新たな層を設けた場合、磁気抵抗変化率の損失が生じ、鏡面反射から期待されるほどの高い磁気抵抗変化率を得ることができなかった。

【0011】

そこで本発明はこのような従来の実状に鑑みて提案されたものであり、いわゆるフリー層の軟磁気特性の確保と磁気抵抗変化率の向上とを両立する磁気抵抗効果素子及びこの磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッド、並びに磁気抵抗効果素子の製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有し、上記感磁部に接して低抵抗金属層が形成されるとともに、この低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側の面に

酸化物層が形成されていることを特徴とする。

【0013】

以上のように構成された磁気抵抗効果素子では、感磁部から分離された部分に、鏡面反射を引き起こすことが可能な酸化物層を有している。このため、感磁部の酸化を防止して、軟磁気特性を確保しつつ、磁気抵抗変化率を向上させることができる。

【0014】

また、上述の目的を達成するために、本発明にかかる磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、基板上に、一对の磁気シールド部材と、上記一对の磁気シールド部材間に形成された磁気抵抗効果素子と、上記磁気抵抗効果素子の長手方向の両端部に形成された一对のバイアス層と、上記バイアス層の直上にそれぞれ薄膜状に形成された一对のリード電極とを備えている。そして、上記磁気抵抗効果素子は、外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有し、上記感磁部に接して低抵抗金属層が形成されるとともに、この低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側の面に酸化物層が形成されていることを特徴とする。

【0015】

以上のように構成された磁気抵抗効果型磁気ヘッドでは、軟磁気特性を確保しつつ、高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果型素子を用いている。このため、磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、外部磁界に対する感度が良好となるとともに、高出力を実現できる。

【0016】

また、上述の目的を達成するために、本発明にかかる磁気抵抗効果素子の製造方法は、外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有する磁気抵抗効果素子を製造するに際し、基板上に少なくとも上記感磁部と、低抵抗金属層とをこの順に形成する第1の工程と、上記低抵抗金属層の、上記感磁部と接する面とは反対側を酸化して酸化物層を形成する第2の工程とを有することを特徴とする。

【0017】

以上のように構成された磁気抵抗効果素子の製造方法では、低抵抗金属層の感磁部と接する面とは反対側を酸化することにより、酸化物層を形成している。こ

のため、低抵抗金属層と酸化物層とが接する界面を極めて平滑な状態にすることができる。

【0018】

また、上記第1の工程において、上記低抵抗金属層上に保護層を形成し、上記第2の工程において、上記保護層を介して上記低抵抗金属層の、上記感磁部と接する面とは反対側を酸化することが好ましい。これにより、低抵抗金属層の酸化が過度に進行することを防止できる。

【0019】

また、上述の目的を達成するために、本発明にかかる磁気抵抗効果素子の製造方法は、外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部を有する磁気抵抗効果素子を製造するに際し、基板上に少なくとも低抵抗金属層と、上記感磁部とをこの順に形成する第1の工程と、上記低抵抗金属層の上記感磁部と接する面とは反対側を酸化して、酸化物層を形成する第2の工程とを有することを特徴とする。

【0020】

以上のように構成された磁気抵抗効果素子の製造方法では、低抵抗金属層の感磁部と接する面とは反対側を酸化することにより、酸化物層を形成している。このため、低抵抗金属層と酸化物層とが接する界面を極めて平滑な状態にすることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型磁気ヘッド、並びに磁気抵抗効果素子の製造方法の具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0022】

なお、以下の説明で用いる図面は、各部の特徴をわかりやすく図示するために特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。

【0023】

また、以下では、磁気抵抗効果素子を構成する各層の構成や材料等について例

示するが、本発明は例示する磁気抵抗効果素子に限定されるものではなく、所望とする目的や性能に応じて各層の構成や材料等を選択すればよい。

## 【0024】

まず、本発明にかかる磁気抵抗効果素子の一構成例として、いわゆるボトム型のスピバルブ膜を例に挙げて、図1を参照しながら説明する。このスピバルブ膜1は、基板2上に、下地層3と、反強磁性層4と、第1の強磁性層5と、第1の非磁性層6と、第2の強磁性層7と、非磁性金属層8と、感磁部（フリー層）9と、低抵抗金属層10と、酸化物層11と、保護層12とが、順次積層された構造とされている。なお、第1の強磁性層5と、第1の非磁性層6と、第2の強磁性層7とは、ピン層13とされている。

## 【0025】

基板2は、例えば、ガラス等の非磁性非導電性材料により形成されている。

## 【0026】

下地層3は、例えば、Taなどの非磁性非導電性材料により形成されている。スピバルブ膜1は、下地層3を備えることによって、結晶配向性が良好になると共に、基板2の材料がスピバルブ膜1を構成する薄膜層にコンタミネーションすることを抑制できる。

## 【0027】

反強磁性層4は、例えば、Pt-Mn合金、Ni-Mn合金、Pd-Pt-Mn合金等のMnを使用した規則系反強磁性体や、不規則系反強磁性体によって形成されている。また、NiO、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などによって形成されていてもよい。反強磁性層4が形成されることによって、後述するピン層13を構成する第1の強磁性層5及び第2の強磁性層7の磁化方向が固定される。

## 【0028】

第1の強磁性層5及び第2の強磁性層7は、例えば、Ni-Fe合金、Co、及びCo、Ni、Feのうちの一種類を含む合金などの磁性材料によって形成されている。第1の強磁性層5及び第2の強磁性層7は、後述する第1の非磁性層66と共に、いわゆる積層フェリ構造を有するピン層13を形成する。そして、第1の強磁性層5及び第2の強磁性層7は、反強磁性層4と交換結合することに

よって磁化方向が固定される。

【0029】

ピン層13を積層フェリ構造とすることによって、ピン層13における磁気モーメントが低くなり、フリー層にかかる反磁界が小さくなる。積層フェリ構造は、2層の強磁性層の中間に第1の非磁性層6が形成された構造を有している。この第1の非磁性層6の厚さを調節することによって、2層の非磁性層はそれぞれの磁化方向が反平行となるように結合する。なお、上述した積層フェリ構造の中間に形成される第1の非磁性層6の例としては、Ru、Rh、Ir、Reなどが挙げられる。

【0030】

非磁性金属層8は、例えば、Cu、Cu-Ni合金等の導電性の非磁性材料によって形成されている。非磁性金属層8が形成されることにより、スピバルブ膜1において巨大磁気抵抗効果が現れる。

【0031】

感磁部9は、良好な軟磁気特性を示す磁性材料によって形成されている。感磁部9はいわゆるフリー層であり、外部磁界に応じて磁化方向が変化する。また、感磁部9は、例えば、Ni-Fe合金層と、Co-Fe合金層との積層構造によって形成されてもよい。このような構造とすることにより、スピバルブ膜1の再生感度を良好にすることが可能となる。

【0032】

そして、本実施の形態にかかるスピバルブ膜1では、フリー層として機能する感磁部9に接して、低抵抗金属層10が形成されるとともに、低抵抗金属層10の感磁部9と接する面とは反対側に、酸化物層11が形成されている。すなわち、感磁部9は、低抵抗金属層10によって、酸化物層11と分離されている。

【0033】

低抵抗金属層10は、電気抵抗の低い金属であるCuを主元素として形成されることが好ましい。酸化物層11は、酸化物であるCuOを主元素として形成されることが好ましい。酸化物層11は、詳細は後述するが、低抵抗金属層10が酸化されることにより形成されている。酸化物層11は、低抵抗金属層10から

派生しているため、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面はほぼ一体化しており、途切れることなく連続してスピバルブ膜 1 を構成している。したがって、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面状態は、極めて平滑となされている。

#### 【0034】

スピバルブ膜 1 は、感磁部 9 の近傍に酸化物層 11 を設けることによって、電子のスピ方向が維持されたまま反射散乱を起こす、いわゆる鏡面反射を起こさせることができる。電子が鏡面反射を起こすと、電子のスピ方向に依存した散乱の確率を飛躍的に向上させることができるため、スピバルブ膜 1 の磁気抵抗変化率を向上させることができる。

#### 【0035】

ところで、スピバルブ膜 1 内の各層の界面は、数オングストロームのレベルで見ると粗な状態となされている。このため、電子が各層の界面を通過する際に、電子のスピ方向が変化して、磁気抵抗変化率の損失を引き起こしてしまう。この点に鑑みると、鏡面反射による磁気抵抗変化率の向上効果を最大限得るためには、フリー層である感磁部 9 に隣接して、酸化物材料からなる酸化物層 11 を配することが理想的とされる。しかしながら、感磁部 9 と酸化物層 11 とが直接接触する構造である場合、酸化物層 11 に含有される酸素が拡散することにより、感磁部 9 を酸化する虞がある。フリー層である感磁部 9 が酸化されると、軟磁気特性が損なわれるため、磁化の向きが容易に変化できなくなり、外部磁界に対する感度が低下してしまう。また、感磁部 9 の酸化を防止するために、不適切な材料からなる低抵抗金属層 10 を感磁部 9 と酸化物層 11 との間に介在させた構造である場合、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面が粗な状態とされる。したがって、上述のように、スピバルブ膜 1 の磁気抵抗変化率が低下してしまう虞がある。

#### 【0036】

そこで、本実施の形態においては、感磁部 9 に接して低抵抗金属層 10 が形成されるとともに、この低抵抗金属層 10 の感磁部 9 と接する面とは反対側を酸化されることにより、酸化物層 11 が形成されている。このように、感磁部 9 と酸

化物材料からなる酸化物層 11 との間に低抵抗金属層 10 が介在されているため、感磁部 9 は酸化を受けず、良好な軟磁気特性を維持することができる。且つ、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面は、上述したように極めて平滑となされているため、電子のスピン方向が変化することによる磁気抵抗変化率の損失を最小限に抑えることができる。したがって、スピバルブ膜 1 は、フリー層である感磁部 9 の軟磁気特性を確保しつつ、鏡面反射による磁気抵抗変化率の向上効果を最大限得ることができる。

## 【0037】

低抵抗金属層 10 を構成する材料としては、上述したように、特に Cu を用いることが好ましいが、Cu の他に、Au、Ag、Al、又は Cu を含んだこれらの合金等の、電気抵抗の低い金属材料を用いることが可能である。すなわち、酸化物層 11 は、上述の Au、Ag、Al、又は Cu を含んだこれらの合金を酸化した材料であっても構わない。

## 【0038】

低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との厚さの和は、好ましくは 0.5 nm ~ 2 nm の範囲であり、さらに好ましくは 0.5 nm ~ 1.5 nm の範囲である。低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との厚さの和が、0.5 nm 未満である場合、フリー層である感磁部 9 が酸化されて、軟磁気特性が損なわれる虞がある。低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との厚さの和が、2 nm を上回る場合、磁気抵抗変化率が実用上のレベルを下回る虞がある。また、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との厚さの和が 1.5 nm を上回ると、磁気抵抗変化率の減少が始まり、高い磁気抵抗変化率を維持できなくなる虞がある。そこで、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との厚さの和を 0.5 nm ~ 1.5 nm の範囲とすることで、フリー層である感磁部 9 の軟磁気特性を維持しつつ、磁気抵抗変化率の向上を図ることができる。

## 【0039】

酸化物層 11 上には、図 1 に示すように保護層 12 が形成されていることが好ましい。保護層 12 は、例えば TaO 等の非磁性材料によって形成されている。この保護層 12 が形成されることによって、スピバルブ膜 1 における比抵抗の

増加や、フリー層における軟磁性の乱れなどを防止することができる。また、詳細は後述するが、低抵抗金属層 10 が酸化され易い Cu からなる場合、酸化物層 11 の過剰な成長、すなわち低抵抗金属層 10 の酸化が過度に進行することを防止できる。したがって、フリー層である感磁部 9 の軟磁気特性を維持することができる。

#### 【0040】

このスピバルブ膜 1 において、第 1 の強磁性層 5 と第 1 の非磁性層 6 と第 2 の強磁性層 7 からなるピン層 13 は、反強磁性層 4 と接して配設されているために、この反強磁性層 4 との間に働く交換結合力によって、ある一致方向に磁化された状態となる。一方、フリー層として機能する感磁部 9 は、非磁性金属層 8 を介してピン層 13 と分離して配設されているために、微弱な外部磁界に対しても磁化方向が容易に回転する。

#### 【0041】

以上のように構成されたスピバルブ膜 1 は、外部磁界を印加されると、この外部磁界の向きと強さとに応じて、フリー層の磁化方向が決まる。そして、スピバルブ膜 1 は、ピン層 13 の磁化方向とフリー層の磁化方向とが  $180^\circ$  逆のときに、電気抵抗が最大となる。また、スピバルブ膜 1 は、ピン層 13 の磁化方向とフリー層の磁化方向とが同一となるときに、電気抵抗が最小となる。

#### 【0042】

したがって、スピバルブ膜 1 においては、印加された外部磁界に応じて電気抵抗が変化するために、この抵抗変化を読み取ることによって外部磁界の検出を行うことができる。

#### 【0043】

以上のような構成のスピバルブ膜 1 は、フリー層として機能する感磁部 9 上に、適切な材料からなる低抵抗金属層 10 と、低抵抗金属層 10 を酸化してなる酸化物層 11 とを有している。そして、感磁部 9 と酸化物層 11 とは、低抵抗金属層 10 によって分離されている。このため、感磁部 9 の軟磁気特性を確保し、且つ鏡面反射による磁気抵抗変化率の向上効果を最大限得ることができる。したがって、スピバルブ膜 1 は、良好な軟磁気特性と高い磁気抵抗変化率とを両立



することができる。

【0044】

また、本発明は、反強磁性層7の材料に依存することなく鏡面反射を引き起こすことができる。したがって、反強磁性層7として、信頼性に優れた反強磁性材料を用いることができるため、スピバルブ膜1は優れた特性を有するものとなる。

【0045】

なお、上述の説明において、スピバルブ膜1は、基板2上に、下地層3と、反強磁性層4と、第1の強磁性層5と、第1の強磁性層5と第1の非磁性層6と第2の強磁性層7とからなるピン層13と、非磁性金属層8と、フリー層として機能する感磁部9と、低抵抗金属層10と、酸化物層11と、保護層12とがこの順で積層されてなるとしたが、かかる構成に限定されるものではない。

【0046】

本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、例えば図2に示すように、基板2上に、下地層3と、酸化物層11と、低抵抗金属層10と、フリー層として機能する感磁部9と、非磁性金属層8と、第2の強磁性層7と第1の非磁性層6と第1の強磁性層5とからなるピン層13と、反強磁性層4と、保護層12とがこの順で積層されてなる、いわゆるトップ型のスピバルブ膜1でもよい。この場合、詳細は後述するが、下地層3は、NiO等の酸化物材料より形成されることが好ましい。

【0047】

また、本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、例えば図3に示すように、基板2上に、下地層3と、酸化物層11と、低抵抗金属層10と、感磁部9と、非磁性金属層8と、感磁部9と、非磁性金属層8と、感磁部9と、低抵抗金属層10と、酸化物層11と、保護層12とがこの順で積層されてなる、いわゆる人工格子型の磁気抵抗効果素子でもよい。この場合、詳細は後述するが、下地層3は、NiO等の酸化物材料より形成されることが好ましい。また、感磁部9は、CoFe/NiFe/CoFeの積層膜から形成されることが好ましい。また、図3において、感磁部9を3層有している構成の人工格子型の磁気抵抗効果素子を例と

して挙げたが、かかる構成に限定されるものではない。人工格子型の磁気抵抗効果素子は、感磁部 9 を 2 層以上有していればよい。

【0048】

つぎに、図 1 に示すような、いわゆるボトム型のスピバルブ膜 1 の製造方法について説明する。

【0049】

先ず、スピバルブ膜 1 を構成する各薄膜層を成膜する。

【0050】

先ず、基板 2 を成膜装置に配置し、基板 2 上に、下地層 3 と、反強磁性層 4 と、第 1 の強磁性層 5 と、第 1 の非磁性層 6 と、第 2 の強磁性層 7 と、非磁性金属層 8 と、感磁部 9 と、低抵抗金属層 10 と、Ta からなる保護層 12 とをこの順に積層する。

【0051】

次に、保護層 12 の表面を大気圧以下の酸素中に暴露することによって、保護層 12 を酸化し、TaO からなる保護層 12 を形成する。さらに、保護層 12 を介して、低抵抗金属層 10 の感磁部 9 と接する面とは反対側を酸化することによって、酸化物層 11 を形成する。

【0052】

保護層 12 を介して低抵抗金属層 10 を酸化することにより、低抵抗金属層 10 の過剰な酸化を防止することができる。すなわち、保護層 12 の厚さを変化させることによって、酸化物からなる酸化物層 11 の厚さを調節することができる。保護層 12 は、低抵抗金属層 10 上を、少なくとも 1 原子層以上の Ta によって被覆している状態で成膜されればよい。すなわち、この状態を数値で表すならば、保護層 12 は 0.28 nm 以上の厚さを有していればよいことになる。

【0053】

低抵抗金属層 10 上に保護層 12 を積層しない場合、低抵抗金属層 10 の表面を直接酸化することになる。低抵抗金属層 10 は、Cu 等の酸化し易い材料からなるため、低抵抗金属層 10 の酸化が過剰に進行し、フリー層として機能する感磁部 9 を酸化する虞がある。一方、保護層 12 の厚さは、1 nm 以下であること

が好ましい。保護層 12 の厚さが 1 nm を上回ると、磁気抵抗変化率が減少する虞がある。

## 【0054】

上述の説明のように、本手法によれば、酸化物層 11 は低抵抗金属層 10 から派生しているため、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面状態を極めて平滑とすることができる。したがって、低抵抗金属層 10 と酸化物層 11 との界面における電子のスピン方向の変化が抑制され、磁気抵抗変化率を損失することなく、鏡面反射を引き起こすことが可能なボトム型のスピバルブ膜 1 を製造できる。

## 【0055】

特に、低抵抗金属層 10 を酸化する際に、保護層 12 を介することにより、低抵抗金属層 10 の酸化が過度に進行することを防止することができる。

## 【0056】

つぎに、図 2 に示すような、いわゆるトップ型のスピバルブ膜 1 の製造方法について説明する。

## 【0057】

まず、スピバルブ膜 1 を構成する各薄膜層を成膜する。

## 【0058】

まず、基板 2 を成膜装置に配置し、基板 2 上に、下地層 3 と、低抵抗金属層 10 と、感磁部 9 と、非磁性金属層 8 と、第 2 の強磁性層 7 と第 1 の非磁性層 6 と第 1 の強磁性層 5 とからなるピン層 13 と、反強磁性層 4 と、保護層 12 とをこの順に積層する。

## 【0059】

ここで、下地層 3 は、NiO 等の酸化物材料から形成されることが好ましい。

## 【0060】

次に、熱処理を施すことにより、下地層 3 が含有する酸素を拡散させることによって、低抵抗金属層 10 の感磁部 9 と接する面とは反対側を酸化する。したがって、下地層 3 と低抵抗金属層 10 との間に、酸化物材料からなる酸化物層 11 が形成される。

## 【0061】

上述の説明のように、本手法によれば、酸化物層11は低抵抗金属層10から派生しているため、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面状態を極めて平滑とすることができる。したがって、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面における電子のスピン方向の変化が抑制され、磁気抵抗変化率を損失することなく、鏡面反射を引き起こすことが可能なトップ型のスピバルブ膜1を製造できる。

## 【0062】

なお、上述の説明では、低抵抗金属層10の感磁部9と接する面とは反対側に酸化物材料からなる下地層3を配し、下地層3が含有する酸素の拡散により、低抵抗金属層10を酸化して、酸化物層11を形成する方法を例に挙げたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば基板上に直接酸化物層11と、低抵抗金属層10と、感磁部9とをこの順に成膜する方法でも構わない。

## 【0063】

つぎに、図3に示すような、いわゆる人工格子型の磁気抵抗効果素子の製造方法について説明する。

## 【0064】

まず、人工格子型の磁気抵抗効果素子を構成する各薄膜層を成膜する。

## 【0065】

まず、基板2を成膜装置に配置し、基板2上に、下地層3と、低抵抗金属層10と、複数の非磁性金属層8と、複数の感磁部9と、低抵抗金属層10と、Taからなる保護層12とをこの順に積層する。なお、複数の非磁性金属層8と複数の感磁部9とは、交互に積層する。

## 【0066】

ここで、下地層3は、NiO等の酸化物材料から形成されることが好ましい。

## 【0067】

次に、下地層3が含有する酸素を拡散させることによって、低抵抗金属層10の感磁部9と接する面とは反対側を酸化する。したがって、下地層3と低抵抗金属層10との間に、酸化物材料からなる酸化物層11が形成される。

## 【0068】

また、保護層12の表面を大気圧以下の酸素中に暴露することによって、保護層12を酸化し、TaOからなる保護層12を形成する。さらに、保護層12を介して、低抵抗金属層10の表面を酸化することによって、保護層12と低抵抗金属層10との間に酸化物層11が形成される。

## 【0069】

上述の説明のように、本手法によれば、鏡面反射を引き起こす酸化物層11は、低抵抗金属層10を酸化させることにより形成される。したがって、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面状態が極めて平滑な人工格子型の磁気抵抗効果型素子を製造できる。特に、低抵抗金属層10を酸化する際に、保護層12を介することにより、低抵抗金属層10の過剰な酸化を防止するとともに、酸化後の保護層12はスピバルブ膜1の保護層12として機能することができる。

## 【0070】

なお、スピバルブ膜1を構成する各薄膜を積層する方法としては、各種スパッタ法、蒸着法等、いかなる成膜方法を用いても構わない。

## 【0071】

なお、上述の説明において、保護層12及び低抵抗金属層10を酸化する方法として、大気圧以下の酸素中に暴露する方法を挙げたが、本発明はこれに限定されない。例えば、大気中に暴露する方法、ECR (electron cyclotron resonance 電子サイクロトロン波共鳴) やICP (inductively coupled plasma 誘導結合型プラズマ) を含むプラズマ酸化法等も可能である。

## 【0072】

つぎに、本発明を適用した磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて説明する。以下では、図1に示すような、いわゆるボトム型のスピバルブ膜1を適用したMRヘッドが、複合型磁気ヘッドに適用された場合について説明する。なお、この複合型磁気ヘッドは、ハードディスク用に用いられる磁気ヘッドである。

## 【0073】

複合型磁気ヘッド20は、図4に示すように、MRヘッドと、インダクティブ型磁気ヘッドとを備え、MRヘッド上にインダクティブ型磁気ヘッドが積層され

た構造を有する。MRヘッドは再生用ヘッドとして搭載され、インダクティブ型磁気ヘッドは記録用ヘッドとして搭載されている。

## 【0074】

まず、MRヘッドについて説明する。

## 【0075】

MRヘッドは、基板21上に、絶縁層22を介して第1の磁気シールド層23が形成されている。この第1の磁気シールド層23上には、絶縁層22を介して上述したスピバルブ膜1が形成されており、スピバルブ膜1の長手方向には、バイアス層24a、24bが形成されている。また、バイアス層24a、24bと接続している接続端子25a、25bとが形成されている。バイアス層24a、24bと、接続端子25a、25bとの上には、絶縁層22を介して第2の磁気シールド層26が形成されている。

## 【0076】

基板21は、高硬度非磁性材料によって形成されている。この高硬度非磁性材料の例としては、アルミナ-チタン-カーバイド（アルチック）などが挙げられる。また、基板21の端面は、ディスク状記録媒体に対向するABS（Air Bearing Surface）とされている。

## 【0077】

絶縁層22は、絶縁材料によって形成される。この絶縁材料の例としては、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_4$ などが挙げられる。なお、複合型磁気ヘッド20は各層を積層することによって作製するため、この絶縁層22は実際には複数の層から成っているが、ここでは図示を省略する。

## 【0078】

第1の磁気シールド層23と第2の磁気シールド層26とは、磁気記録媒体からの信号磁界のうち、再生対象外の磁界がスピバルブ膜1に引き込まれないように機能する。すなわち、再生の対象外の信号磁界は第1の磁気シールド層23と第2の磁気シールド層26によって導かれ、再生の対象となる信号磁界だけがスピバルブ膜1に導かれる。これにより、スピバルブ膜1の高周波数特性及び読取分解能の向上が図られている。なお、第2の磁気シールド層26は、後述

するようにインダクティブ型磁気ヘッドにおける下層コアを兼ねている。

【0079】

第1の磁気シールド層23と第2の磁気シールド層26とは、軟磁性材料によって形成されている。この軟磁性材料の例としては、センダスト（Fe-Al-Si合金）、FeTa、Co系アモルファス材料などが挙げられる。また、第1の磁気シールド層23と第2の磁気シールド層26とは、Co系アモルファス材料による軟磁性薄膜層と非磁性薄膜層とを交互に堆積させ、少なくとも2層以上の磁性薄膜層を有する積層構造としてもよい。

【0080】

スピバルブ膜1は、磁気記録媒体からの信号磁界を感知する部分である。スピバルブ膜1は、上述したように、下地層3と、反強磁性層4と、第1の強磁性層5と、第1の非磁性層6と、第2の強磁性層7と、非磁性金属層8と、感磁部（フリー層）9と、低抵抗金属層10と、酸化物層11と、保護層12とが、順次積層された構造とされているが、図4では、これらの各層の図示を省略している。

【0081】

このスピバルブ膜1において、酸化物層11は、上述したように、低抵抗金属層10の感磁部9とは反対側を酸化することによって形成されるとともに、フリー層として機能する感磁部9から分離されている。このため、感磁部9は酸化を受けず、良好な軟磁気特性を維持することができる。それとともに、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面は、上述したように極めて平滑となされているため、電子のスピ方向が変化することによる磁気抵抗変化率の損失を最小限に抑えることができる。したがって、スピバルブ膜1は、フリー層である感磁部9の軟磁気特性を確保しつつ、鏡面反射による高い磁気抵抗変化率を有するものとなる。

【0082】

MRヘッド20は、上述のような良好な軟磁気特性を有し、磁気抵抗変化率が高いスピバルブ膜1によって形成されることにより、情報記録媒体から得られる磁界の感度が向上し、再生における出力が良好になる。

## 【0083】

一対のバイアス層24a, 24bは、スピバルブ膜1に対してバイアス磁界を印加し、スピバルブ膜1における各強磁性層の磁区を単磁区化するための機能を有している。また、ここではスピバルブ膜1に対して記録電流を供給する機能を兼ね備えている。バイアス層24a, 24bは、それぞれスピバルブ膜1の両端部に電氣的及び磁氣的に接続されている。

## 【0084】

バイアス層24a, 24bは、それぞれスピバルブ膜1の長手方向の両端部に、硬磁性材料によって形成されている。この硬磁性材料の例としては、CoNiPt、CoCrPtなどが挙げられる。なお、バイアス層24a, 24b上に電極層を形成しても良い。

## 【0085】

接続端子25a, 25bは、バイアス層24a, 24bに対してセンス電流を提供する。接続端子25a, 25bは導電性であり且つ低抵抗である金属材料によって薄膜状に形成されている。接続端子25a, 25bの材料としては、例えばCr, Ta, Ti, W, Mo, Cu等が好適である。

## 【0086】

つぎに、インダクティブ型磁気ヘッドについて説明する。

## 【0087】

インダクティブ型磁気ヘッドは、第2の磁気シールド層26上に、非磁性層22に埋没された薄膜コイル27が形成されている。薄膜コイル27の周囲には、非磁性層22が形成されている。そして、薄膜コイル27を埋没した非磁性層22上には、上層コア28が形成されている。第2の磁気シールド26と上層コア28とによって磁気コア29を形成している。

## 【0088】

薄膜コイル27は、外部接続端子（図示せず。）から供給されたセンス電流の変化により、磁気記録媒体に対して情報の記録を行う。薄膜コイル27は、磁気コア29に巻回するように形成されている。この薄膜コイル27の両端は外部に露呈するように形成されており、この両端には上述した外部接続端子が形成され



ている。この薄膜コイル27は、銅などの導電性材料により形成されている。

【0089】

上層コア28は、第2の磁気シールド26と共に閉磁路を形成して、インダクティブ型磁気ヘッドにおける磁気コア29となる。ここで、上層コア28及び第2の磁気シールド26は、前端部においてはABSに露呈すると共に所定の間隙 $g$ だけ離れるように形成されており、後端部においては互いに接触するように形成されている。なお、この間隙 $g$ はインダクティブ型磁気ヘッド23の記録用ギャップとなる。上層コア28は、NiFeなどの軟磁性材料によって形成されている。

【0090】

以上の説明からも明らかなように、上述したMRヘッドは、軟磁気特性の確保及び高い磁気抵抗変化率を両立するスピバルブ膜1によって形成されている。このため、上述したMRヘッドは、情報記録媒体から得られる磁界に対する感度が良好で、情報を再生するときの出力が高いものとなり、高密度記録に適したものとなる。

【0091】

また、上述の説明では、図1に示すような、いわゆるボトム型のスピバルブ膜1をMRヘッドに適用した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図2に示すような、いわゆるトップ型のスピバルブ膜1や、図3に示すような人工格子型の磁気抵抗効果素子をMRヘッドに適用することも可能である。

【0092】

以上の説明からも明らかなように、本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、酸化物からなる酸化物層11を有することによって、電子の鏡面反射を引き起こすことができる。そして、酸化物層11は、低抵抗金属層10の感磁部9と接する面とは反対側を酸化することにより形成されるとともに、フリー層として機能する感磁部9から分離されている。このため、フリー層である感磁部9の軟磁気特性を確保することができる。また、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面が極めて平滑となされているため、電子のスピン方向が変化することによる磁気抵抗

変化率の損失を最小限に抑えることができる。したがって、本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、軟磁気特性を損なうことなく磁気抵抗変化率の向上を実現し、外部磁界に対する感度が良好なものになる。

## 【0093】

また、以上の説明からも明らかなように、本手法によれば、磁気抵抗効果素子において、酸化物層11は、低抵抗金属層10の感磁部9と接する面とは反対側を酸化することにより形成される。このため、低抵抗金属層10と酸化物層11との界面を極めて平滑とすることができる。したがって、電子のスピン方向の変化を抑制して、高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果素子を製造することができる。

## 【0094】

特に、低抵抗金属層10を直接酸化せず、保護層12を介して低抵抗金属層10に酸化を施すことにより、酸化物層11を適度な厚さとなるように形成することができる。このため、フリー層として機能する感磁部9の軟磁気特性を損なうことなく、磁気抵抗変化率の高い磁気抵抗効果素子を製造することができる。

## 【0095】

また、本発明を適用したMRヘッドは、上述のような優れた特性を有する磁気抵抗効果素子によって形成されているために、情報記録媒体から得られる磁界に対する感度が良好で、情報を再生するときの出力が高いものとなる。このことにより、本発明を適用したMRヘッドは、高密度記録に適したものとなる。

## 【0096】

## 【実施例】

まず、上述したスピバルブ膜において、低抵抗金属層としてCuを用いた場合の、低抵抗金属層と酸化物層との厚さの和の下限值と、磁気抵抗変化率との関係について検討した。

## 【0097】

## 〈実験例1〉

先ず、ガラス基板上に、スパッタリングなどにより、Ta層と、NiFe層と、PtMn層と、CoFe層と、Ru層と、CoFe層と、Cu層と、CoFe

層と、Cu層と、Ta層とを順次形成した。このとき、ガラス基板上のTa層の厚さを5nmとし、NiFe層の厚さを2nmとし、PtMn層の厚さを20nmとし、PtMn層上のCoFe層の厚さを1.1nmとし、Ru層の厚さを0.8nmとし、Ru層上のCoFe層の厚さを2.2nmとし、Cu層の厚さを2.8nmとし、CoFe層の厚さを2.5nmとし、Ta層の厚さを1nmとした。このとき、上部Ta層に接して成膜されたCu層の厚さを0nm～1nmの範囲内で変化させて、薄膜を複数作製した。

## 【0098】

次に、それぞれの薄膜の、Ta層の表面を大気中に暴露することによって、Ta層を介してCu層の表面を酸化し、CuO層を形成した。すなわち、酸化前のCu層の厚さと、酸化後のCu層とCuO層との厚さの和とは、等しくなされている。以下、酸化前のCu層の厚さ、すなわち酸化後のCu層とCuO層との厚さの和を、成膜時Cu層厚さと称する。

## 【0099】

この後、PtMn層の規則化のために、265℃で4時間保持する熱処理を施し、スピバルブ膜を得た。

## 【0100】

以上のようにして作製したそれぞれのスピバルブ膜について、成膜時Cu層厚さと保磁力及び磁気抵抗変化量との関係を測定した。また、磁気抵抗変化率を算出した。

## 【0101】

実験例1で作製したそれぞれのスピバルブ膜における、成膜時Cu層厚さと、保磁力との関係を図5に示す。また、それぞれのスピバルブ膜における、成膜時Cu層厚さと、磁気抵抗変化量及び磁気抵抗変化率との関係を、図6に示す。

## 【0102】

図5から明らかなように、成膜時Cu層厚さが0.5nm以上である場合、スピバルブ膜の保磁力は小さい値を示し、軟磁気特性が維持されていた。しかし、成膜時Cu層厚さが0.5nmを下回る場合、フリー層であるCoFe層が酸

化を受け、CoFe層が保磁力を有してしまった。一方、図6から明らかなように、成膜時Cu層厚さが1nmに達する場合であっても、磁気抵抗変化量及び磁気抵抗変化率の減少はごくわずかであり、鏡面反射による磁気抵抗効果が損なわれていないことがわかった。したがって、成膜時Cu層厚さの下限値は、0.5nm以上であることで、スピバルブ膜の軟磁気特性の確保と磁気抵抗変化率の向上とを両立できることがわかった。

## 【0103】

つぎに、上述したスピバルブ膜において、低抵抗金属層と酸化物層との厚さの和、すなわち、成膜時Cu層厚さの上限値と磁気抵抗変化率との関係について検討した。

## 【0104】

## 〈実験例2〉

先ず、ガラス基板上に、スパッタリングなどにより、Ta層と、NiFe層と、PtMn層とを順次形成した。このとき、Ta層の厚さを5nmとし、NiFe層の厚さを2nmとし、PtMn層の厚さを20nmとした。

## 【0105】

次に、PtMn層上に、スパッタリングなどにより、CoFe層と、Ru層とを順次成膜した。このとき、CoFe層の厚さを1.1nmとし、Ru層の厚さを0.8nmとした。

## 【0106】

次に、Ru層の表面を大気圧以下の酸素中に暴露することによって、Ru層表面に対して酸化を施し、Ru-O層を形成した。

## 【0107】

次に、Ru-O層上に、スパッタリングなどにより、CoFe層と、Cu層と、CoFe層と、Cu層と、Ta層とを順次成膜し、スピバルブ膜を得た。このとき、Ru-O層上に成膜したCoFe層の厚さを2.2nmとし、CoFe層とCoFe層との間に成膜したCu層の厚さを2.2nmとし、Cu層上に成膜したCoFe層の厚さを2.5nmとし、Cu層を成膜し、その上に成膜したTa層の厚さを1nmとした。このとき、上部Ta層に接して成膜されたCu層

の厚さを 0.5 nm ~ 1.5 nm の範囲内で変化させて、薄膜を複数作製した。

【0108】

次に、それぞれの薄膜の、Ta 層の表面を大気中に暴露することによって、Ta 層を介して Cu 層の表面を酸化し、CuO 層を形成した。

【0109】

この後、PtMn 層の規則化のために、265℃で4時間保持する熱処理を施し、スピバルブ膜を得た。

【0110】

このように、成膜時 Cu 層厚さが異なるそれぞれのスピバルブ膜について、磁気抵抗変化量を測定し、磁気抵抗変化率を算出した。

【0111】

実験例 2 で作製したそれぞれのスピバルブ膜における、成膜時 Cu 層厚さと、磁気抵抗変化率との関係を、図 7 に示す。

【0112】

図 7 から明らかなように、成膜時 Cu 層厚さが 1.5 nm 以下である場合、磁気抵抗変化率は高い値を示した。一方、成膜時 Cu 層厚さが 1.5 nm を上回ると、磁気抵抗変化率が減少し始めることがわかった。したがって、成膜時 Cu 層厚さの上限値は、1.5 nm 以下であることで、高い磁気抵抗変化率を維持できることがわかった。

【0113】

つぎに、Cu 層を酸化する際に介在させる、保護層の厚さについて検討した。

【0114】

〈実験例 3〉

先ず、ガラス基板上に、スパッタリングなどにより、Ta 層と、NiFe 層と、PtMn 層とを順次形成した。このとき、Ta 層の厚さを 5 nm とし、NiFe 層の厚さを 2 nm とし、PtMn 層の厚さを 20 nm とした。

【0115】

次に、PtMn 層上に、スパッタリングなどにより、CoFe 層と、Ru 層とを順次成膜した。このとき、CoFe 層の厚さを 1.1 nm とし、Ru 層の厚さ

を 0.8 nm とした。

【0116】

次に、Ru 層の表面を大気圧以下の酸素中に暴露することによって、Ru 層表面に対して酸化を施し、Ru-O 層を形成した。

【0117】

次に、Ru-O 層上に、スパッタリングなどにより、CoFe 層と、Cu 層と、CoFe 層と、Cu 層と、Ta 層とを順次成膜し、スピバルブ膜を得た。このとき、Ru-O 層上に成膜した CoFe 層の厚さを 2.2 nm とし、CoFe 層と CoFe 層との間に成膜した Cu 層の厚さを 2.2 nm とし、Cu 層上に成膜した CoFe 層の厚さを 2.5 nm とし、Cu 層の厚さを 1 nm とした。このとき、上部 Cu 層に接して成膜された Ta 層の厚さを図 8 に示す範囲内で変化させて、薄膜を複数作製した。

【0118】

次に、それぞれの薄膜の、Ta 層の表面を大気中に暴露することによって、Ta 層を介して Cu 層の表面を酸化し、CuO 層を形成した。

【0119】

この後、PtMn 層の規則化のために、265℃で4時間保持する熱処理を施し、スピバルブ膜を得た。

【0120】

このように、Ta 層の厚さが異なるそれぞれのスピバルブ膜について、磁気抵抗変化量を測定し、磁気抵抗変化率を算出した。

【0121】

実験例 3 で作製したそれぞれのスピバルブ膜における、Ta 層の厚さと、磁気抵抗変化率との関係を、図 8 に示す。

【0122】

図 8 から明らかなように、Ta 層の厚さが 1 nm 以下である場合、磁気抵抗変化率は高い値を示した。一方、Ta 層の厚さが 1 nm を上回ると、磁気抵抗変化率は急激に減少した。したがって、Ta 層の厚さは、1 nm 以下であることが好ましいとわかった。

## 【0123】

## 【発明の効果】

以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、感磁部から分離された部分に、鏡面反射を引き起こすことが可能な酸化物層を有している。また、低抵抗金属層と酸化物層との界面状態は極めて平滑となされているため、この界面を電子が通過する際に、電子のスピン方向が変化することがほぼ防止されて、新たな層を設けることによる磁気抵抗変化率の損失がない。このため、感磁部の軟磁気特性を確保し、且つ鏡面反射による磁気抵抗変化率の向上効果を最大限得ることができる。したがって、本発明によれば、良好な軟磁気特性と高い磁気抵抗変化率との両立を実現した磁気抵抗効果素子を提供することができる。

## 【0124】

また、以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、外部磁界に対して良好な感度を持ち、高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果素子を用いている。このため、情報記録媒体から得られる磁界に対する感度が良好で、情報を再生するときの出力が高いものとなる。したがって、高密度記録に好適な磁気抵抗効果型磁気ヘッドを提供できる。

## 【0125】

また、以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法は、低抵抗金属層の感磁部と接する面とは反対側を酸化することにより、酸化物層を形成している。すなわち、酸化物層は低抵抗金属層から派生しているため、酸化物層と低抵抗金属層との界面状態を極めて平滑とすることができる。したがって、本手法によれば、電子のスピン方向の変化がすることによる磁気抵抗変化率の損失を生じることなく、鏡面反射による磁気抵抗効果率の向上効果を最大限得られる磁気抵抗効果素子を製造できる。特に、低抵抗金属層を酸化する際に、保護層を介在させることにより、低抵抗金属層の酸化が過度に進行することを防止できる。したがって、軟磁気特性を損なうことなく、高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果素子を製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した、いわゆるボトム型のスピバルブ膜を示す断面図である。

【図 2】

本発明を適用した、いわゆるトップ型のスピバルブ膜を示す断面図である。

【図 3】

本発明を適用した、いわゆる人工格子型の磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 4】

図 1 に示すスピバルブ膜を使用して作製された、MR ヘッドの切り欠き斜視図である。

【図 5】

成膜時 Cu 層厚さと薄膜全体における保磁力との関係を示す図である。

【図 6】

成膜時 Cu 層厚さと磁気抵抗量及び磁気抵抗変化率との関係を示す図である。

【図 7】

成膜時 Cu 層厚さと磁気抵抗変化率との関係を示す図である。

【図 8】

Ta 層の厚さと磁気抵抗変化率との関係を示す図である。

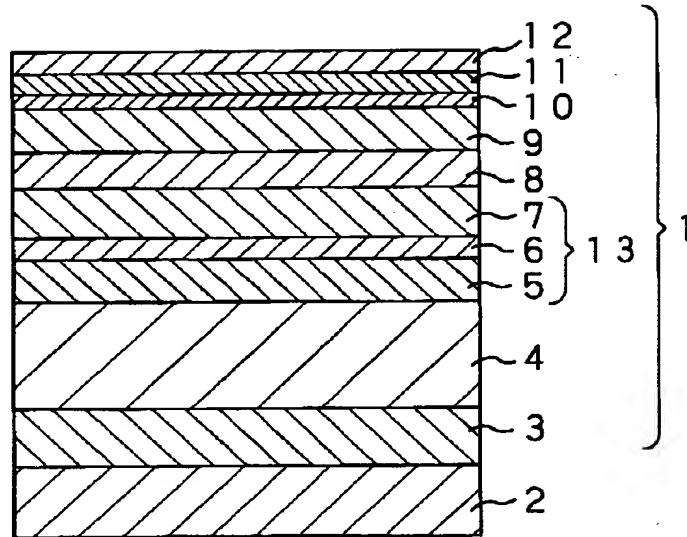
【符号の説明】

1 スピバルブ膜、2 基板、3 下地層、4 反強磁性層、5 第 1 の強磁性層、6 第 1 の非磁性層、7 第 2 の強磁性層、8 非磁性金属層、9 感磁部（フリー層）、10 低抵抗金属層、11 酸化物層、12 保護層、13 ピン層

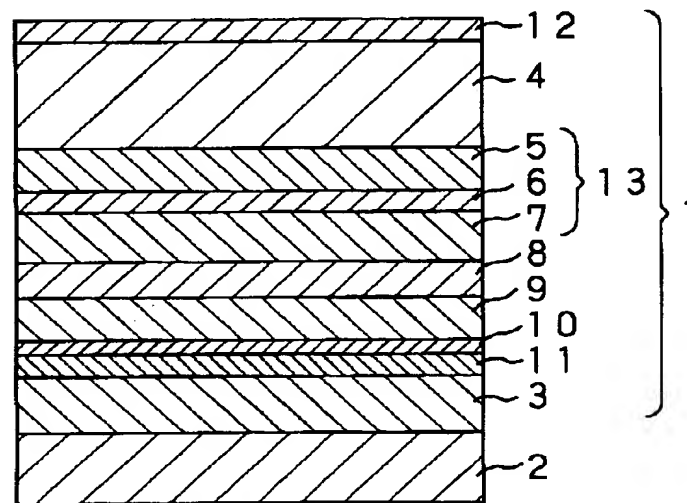


【書類名】 図面

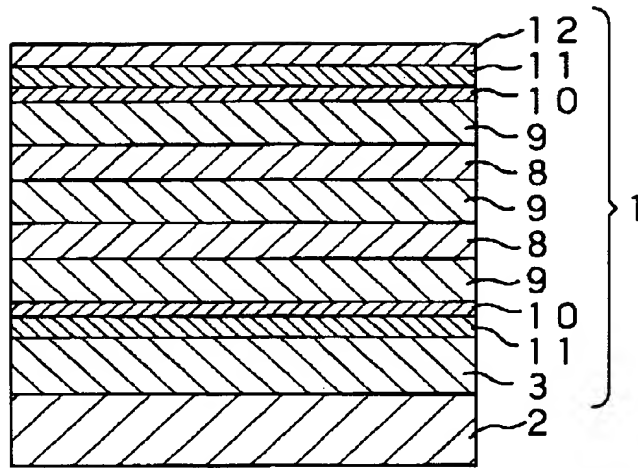
【図 1】



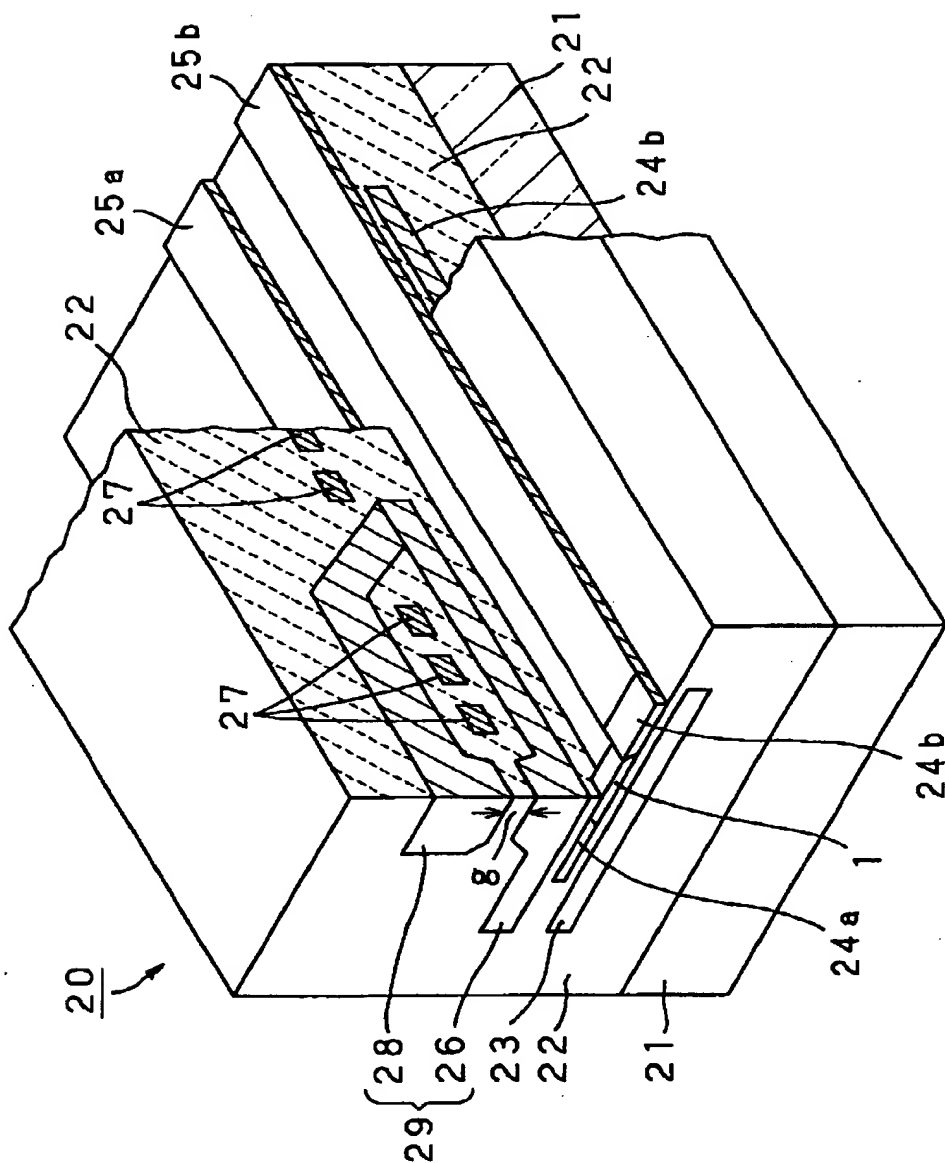
【図 2】



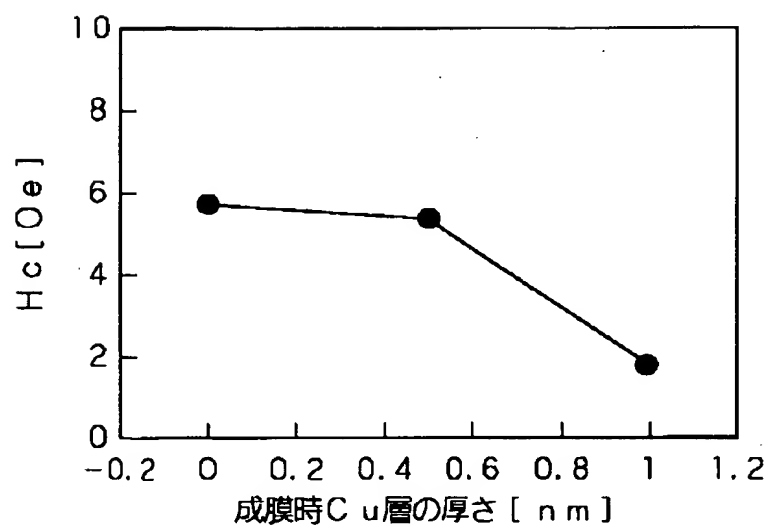
【図3】



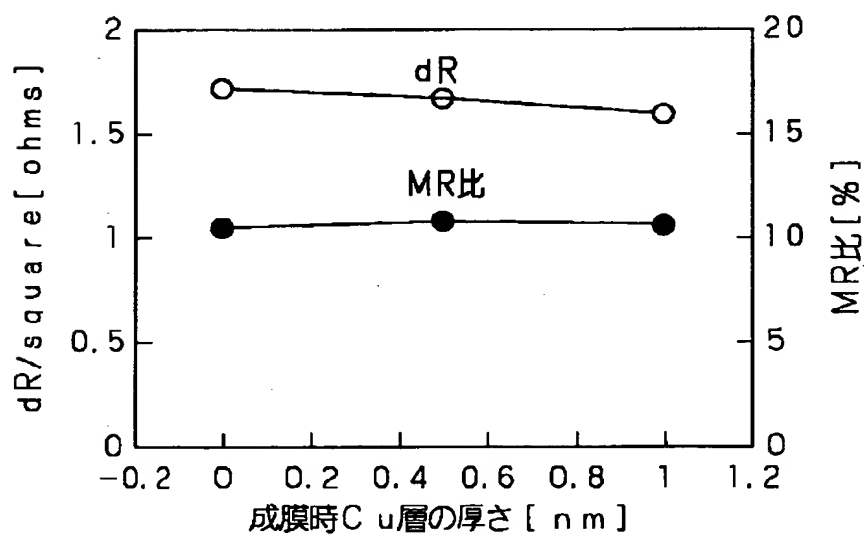
【図 4】



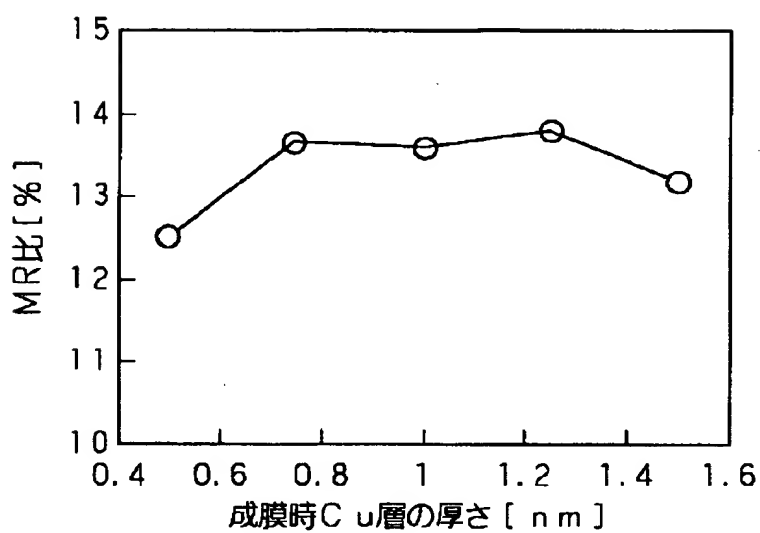
【図 5】



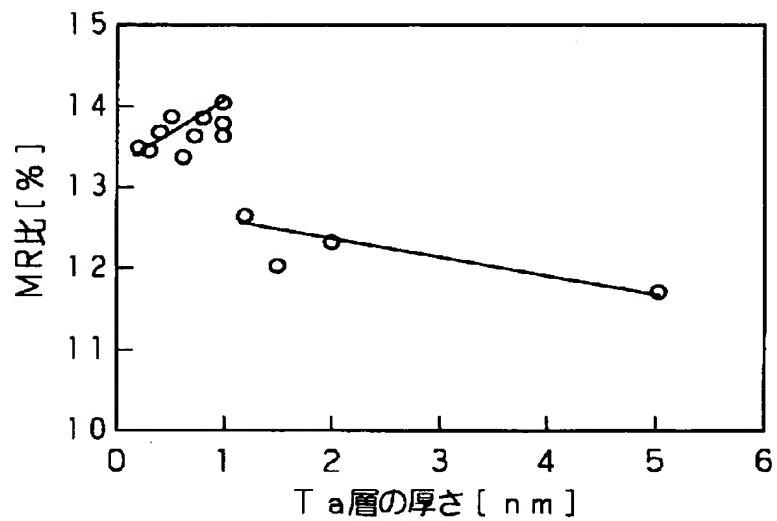
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 いわゆるフリー層の軟磁気特性の確保と磁気抵抗変化率の向上とを両立する。

【解決手段】 外部磁界により電気抵抗が変化する感磁部 9 を有し、上記感磁部 9 に接して低抵抗金属層 10 が形成されるとともに、この低抵抗金属層 10 の上記感磁部 9 と接する面とは反対側の面に酸化物層 11 が形成されていることを特徴とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社